

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-089960

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G01C 15/00

G01B 11/00

G06F 17/50

G06T 7/00

(21)Application number : 08-265196

(71)Applicant : HITACHI PLANT ENG &
CONSTR CO LTD

(22)Date of filing : 13.09.1996

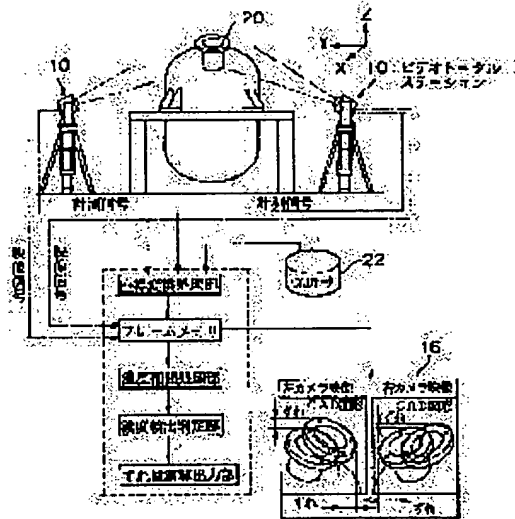
(72)Inventor : MATSUMOTO ATSUYUKI
SUWA HIDEYUKI
HAYATA FUMITAKA

(54) THREE-DIMENSIONAL IMAGE MEASURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a method which can measure the position and the attitude of an object even from a sheet of image thereof by determining the brightness of a differentiated image on a two-dimensional real number coordinate, displayed by superposing a CAD figure on the differentiated actual image, through interpolation of the gray level on neighboring integer coordinate values.

SOLUTION: Stereoscopic image of an object, i.e., a pipe flange 20, is picked at a video total station 10 not through a target and delivered to an image processing board. On the other hand, a CAD drawing data 22 is previously processed as a design data to take a state similar to that being picked up at the video total station 10 and delivered to the image processing board where the picked up image and the CAD image are displayed simultaneously on a monitor 16. While displaying the CAD image being translated and rotated in the three-dimensional space of the data on the monitor 16, moving amount is determined through maximum image density detection work such that both images are matched on a two-dimensional plane and a deviation from the design value of an actual machine is measured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3282516

[Date of registration]

01.03.2002

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image In the approach of measuring the three-dimensions location for measurement from the 3-dimensional CAD drawing data for measurement The three dimensional image measurement approach characterized by expressing the CAD graphic form configuration for measurement as a set of the point on **** for measurement , performing a display and migration of a CAD graphic form by giving the amount of parallel / rotations of three dimensions directly to the CAD drawing data for measurement , and performing collating with a photography image .

[Claim 2] The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image When a CAD graphic form is displayed in the approach of measuring the three-dimensions location for measurement, The model system of coordinates which define the CAD graphic form configuration for measurement, the design system of coordinates which define the location and posture on CAD for measurement, The machine coordinate system of the video total station proper which makes the machine point of a video total station a zero, The collimation system of coordinates which set one shaft of a three-dimensions rectangular coordinate system as the sense of the video total station when photoing the candidate for measurement at a video total station, The three dimensional image measurement approach characterized by projecting the three-dimensions location of each point on a CAD graphic form on a 2-dimensional flat surface, displaying a CAD graphic form, and performing collating with a photography image by conversion to the camera system of coordinates which set one shaft of a three-dimensions rectangular coordinate system as the direction of an optical axis of the camera built in the video total station.

[Claim 3] The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image In the approach of measuring the three-dimensions location for measurement, image differential **** is performed to the image which photoed the candidate for measurement. On the profile shade image of the acquired image for measurement, each point is displayed based on the coordinate value after 2-dimensional projection of each point on a CAD graphic form. The concentration value of the profile shade image for [in the 2-dimensional coordinate value with which the point was displayed] measurement is acquired. The three dimensional image measurement

approach characterized by judging that the CAD graphic form and the image for measurement be in agreement when total of the concentration value in the 2-dimensional coordinate value of all the points that constitute the CAD graphic form displayed on the profile shade image become maximum.

[Claim 4] The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image In the approach of measuring the three-dimensions location for measurement, image differential **** is performed to the image which photoed the candidate for measurement. On the profile shade image of the acquired image for measurement, each point is displayed based on the coordinate value after 2-dimensional projection of each point on a CAD graphic form. The concentration value of the profile shade image for [in the 2-dimensional coordinate value with which the point was displayed] measurement is interpolated, calculated and acquired from the concentration value of a neighborhood-of-a-point pixel. The three dimensional image measurement approach characterized by judging that the CAD graphic form and the image for measurement be in agreement when total of the concentration value in the 2-dimensional coordinate value of all the points that constitute the CAD graphic form displayed on the profile shade image become maximum.

[Translation done.]

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the three-dimensions measurement approach which measures three-dimensions locations, such as the structure, in the plant construction field.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a three-dimensions metering device used in the case of location ***** localization, such as a device installed in a steel frame or a plant at the time of construction of a plant, the optical total station which needs prism for a measure point, and the optical non prism total station which does not need prism are used from the former.

[0003] The total station is calculating and calculating the three-dimensions coordinate value of the point in a three-dimensions rectangular coordinate system from the result of having measured the distance by the measure point, the horizontal angle, and the angle of vertical. This measures the distance R, the angle of vertical VA, and the horizontal angle HA from the total station 1 to the coordinate point pi (xi, yi, zi) of point of measurement 2 to known three-dimensions origin of coordinates (X0, Y0, Z0), as shown in drawing 6, and it is the three-dimensions coordinate location of point of measurement 2 [0004]

[Equation 1] It asks as $xi=R\sin(VA)\sin(HA)-x0$, $yi=R\sin(VA)\cos(HA)-y0$, and $zi=R\cos(VA)-z0$.

[0005] The optical total station which needs prism has a measurement precision of distance as highly precise as 1mm or less, and, on the other hand, the measurement precision of distance of an optical non prism total station is 5 mm-10mm and low precision.

[0006] In addition, measurement by the photogrammetry is also performed (drawing 7). A photogrammetry arranges two or more reference points 3 whose three-dimensions coordinate values are known to the neighborhood for measurement, and photos them with a camera from a location 5 of two or more places which is different in the reference point 3 for [4] measurement. The 2-dimensional coordinate value of the origin/datum 3 reflected to photographic films 6 and 6 is measured with a digitizer etc., and the location of the camera stations 01 and 02 of the camera at the time of photography, the sense, and the constant about camera optical system, such as lens distortion, are further calculated from correspondence of the three-dimensions coordinate value of an origin/datum 3 and a 2-dimensional coordinate value. Then, the three-dimensions coordinate value of the point for measurement is calculated by count based on the camera location when taking two or more 2-dimensional coordinate value and each above-mentioned photograph of the point for measurement which measured with the digitizer etc. the 2-dimensional coordinate value of the point 4 for measurement of having been reflected to the photograph, and measured it every photographic film 6, the sense, and the constant about camera optical system.

[0007] Furthermore, there is an approach (drawing 8) collating with the image which photoed the candidate for measurement with the CCD camera etc., and the CAD graphic form for measurement performs three-dimensions measurement. This photos two or more reference points whose three-dimensions coordinate values arranged to the neighborhood for measurement for [which exists in real three-dimensions space] measurement are known with a CCD camera etc. from a different location of two or more places. The photography video signal which is an analog signal is changed into a digital signal through image incorporation equipment (the video signal of one screen is usually changed into a 512 pixels long and 512 pixels wide digital signal). Download to a computer and the digital sampling of the 2-dimensional coordinate value of the origin/datum changed into the

digital signal is carried out. The location of the camera at the time of photography, the sense, and the constant about camera optical system, such as lens distortion, are further calculated by the same approach as a photogrammetry from correspondence of the three-dimensions coordinate value of a reference point and a 2-dimensional coordinate value, and conversion to two dimensions is formulized from three dimensions. The three-dimensions coordinate space of CAD equivalent to real three-dimensions space is reproduced in a computer. The CAD model for measurement is arranged in the three-dimensions coordinate space of CAD reproduced in the computer based on the CAD design value for measurement. A camera is arranged in the three-dimensions coordinate space of CAD reproduced in the computer based on the location of the camera for which it asked by the above-mentioned, and the count result of the sense. Based on conversion to two dimensions, the CAD model for measurement in the three-dimensions space of CAD reproduced in the computer is projected on a 2-dimensional flat surface from the three dimensions formulized by the above-mentioned.

[0008] When the 2-dimensional projection drawing of the CAD model obtained here is piled up and displayed on the photography image for [in real space] measurement, if the real location and posture for measurement are equal to design CAD drawing data, the 2-dimensional projection drawing of the photography image for measurement and a CAD model is in agreement, and both are not in agreement if not equal (drawing 9).

[0009] When the photography image for measurement and the 2-dimensional projection drawing of a CAD model are not in agreement, to the 2-dimensional projection drawing of a CAD model, the movement magnitude of method ** of the upper and lower sides, the movement magnitude of a longitudinal direction, the amount of rotations in a screen, and the movement magnitude within the 2-dimensional side by a total of four degrees of freedom of the amount of enlarging or contracting are given, and the photography image for measurement and the 2-dimensional projection drawing of a CAD model are made in agreement. However, the movable degree of freedom of the body in three-dimensions space turns into a triaxial up parallel displacement and a total of six degrees of freedom of a rotation of the circumference of triaxial. Therefore, from the movement magnitude of four degrees of freedom within a 2-dimensional side, movement magnitude of six degrees of freedom in three-dimensions space cannot be determined.

[0010] Then, the movement magnitude of six degrees of freedom of a measurement object is calculated by count from the movement magnitude of four degrees of freedom within two or more 2-dimensional sides which obtained the candidate for measurement from coincidence with the CAD model in two or more images photoed from a different location of two or more places (drawing 10).

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned conventional technique, in case the measure point of a height is measured at the optical total station which needs prism for a measure point, the time and effort which installs a ladder and a scaffold and installs prism at a measure point is needed. In order to save this time and effort, even if it uses a non prism total station, when measuring the center position and inclination of the structure, there is a problem which must be calculated from the result of having measured the three-dimensions coordinate value of two or more points.

[0012] In measurement by the photogrammetry, although it is not necessary to install prism at a measure point, since it is the approach of measuring the three-dimensions location of a point like the case where a total station is used, in order to measure the center position and inclination of the structure, measurement of the three-dimensions coordinate value of two or more points is needed. Moreover, the activity which determines a location, a posture, etc. of a camera from correspondence of the three-dimensions coordinate value of a reference point and a 2-dimensional coordinate value whenever it must arrange a reference point near a measure point, it must measure the three-dimensions coordinate value of a reference point correctly by a certain approach and it

changes a camera station is needed. Furthermore, in two or more photographs which photoed the measure point from a different location of two or more places, a measure point needs to match correctly by judging where it is reflected (corresponding-points retrieval). When this matching is mistaken, the three-dimensions coordinate value of the point which exists in a completely different location will be measured.

[0013] furthermore, by the measurement approach by collating with the photography image of a measurement object object, and a CAD graphic form Direct measurement is possible by the comparison with CAD drawing data in the center position and inclination of the structure. Although corresponding-points retrieval is not needed, a reference point is arranged near a measurement object object like a photogrammetry, and the activity which determines a location, a posture, etc. of correspondence to a camera of the three-dimensions coordinate value of a reference point and a 2-dimensional coordinate value whenever it changes the location and sense of a camera is needed.

[0014] Since it is such, the total station in which the CCD camera was carried is used. Are suitable with the camera station of the CCD camera carried in the total station from correspondence with the three-dimensions coordinate value of a reference point, and a 2-dimensional coordinate value. When the constant about camera optical system, such as lens distortion for which asks for the constant about camera optical system, such as lens distortion, and it asked, was considered to be constant value, a camera is moved or the sense is changed Prism is installed in the point in the real space equivalent to the zero of the three-dimensions system of coordinates of CAD, and the point on the datum line in the real space equivalent to the 2-dimensional axis of coordinates of CAD. From the result of having measured the three-dimensions coordinate value at the total station, the camera station and posture of a CCD camera are searched for by count, and the method of performing projection conversion to two dimensions from the three dimensions of a CAD model is also considered.

[0015] However, by the conventional approach, even when the total station in which the above-mentioned CCD camera was carried is used, since the photography process of a camera cannot be simulating correctly, it has not resulted in solution of a technical problem. Furthermore, in measurement precision, as for the movement magnitude of six degrees of freedom of a measurement object object, it was common to have asked in approximation by the numerical-analysis technique from the movement magnitude of four degrees of freedom within two or more 2-dimensional sides, it was accurate, and was not able to measure the location and posture of a 2-dimensional body. moreover, the resolving power in the case of changing the photography image for [by the CCD camera] measurement into a digital signal as another reason whose measurement precision does not improve, and downloading to a computer (real space dimension equivalent to 1 pixel of a digital signal) — the technical problem were immeasurable occurred in the following measurement precision.

[0016] This invention aims at enabling it to measure the location and posture of a measurement object object even from the image of one sheet for measurement to the 1st paying attention to the above-mentioned conventional trouble. Even if the location and posture of a video total station change, it aims at the ability to be made to perform drawing of an exact CAD graphic form in the 2nd. It aims at the highly precise thing of a CAD graphic form and the image of a measurement object object it enables it to collate to the 3rd.

[0017]

[Means for Solving the Problem] The linear transformation to the system of coordinates which set one shaft of a three-dimensions axis of coordinates as the direction of an optical axis of a video total station for the process which this invention treats the CAD graphic form for measurement as a set of the point on a profile, and projects the point-set of this three-dimensions space on a 2-dimensional flat surface, In collating with the object image for [which modeled as combination of the nonlinear conversion in

consideration of the lens distortion of a camera with a built-in video total station etc., and was photoed with the CAD graphic form which is the set of a point, and the camera] measurement Indicate the CAD graphic form by superposition on the differential **** image of an object image, and the brightness (concentration value) of the differential image on the 2-dimensional real number coordinate value with which each point on a CAD graphic form was displayed is interpolated and calculated from the concentration value on a neighboring integer coordinate value. When calculate total of the concentration value of each point which constitutes a CAD graphic form, the amount of parallel displacements of three dimensions and a rotation are added to a CAD graphic form, the procedure of re-projecting on a 2-dimensional flat surface is repeated and total of a concentration value serves as maximum It is the approach of measuring noting that the amounts of parallel displacements and the amounts of rotations of three dimensions which judged that the CAD graphic form and the object image were most in agreement, and were applied by then are a location a CAD design value and for object measurement, and a gap of a posture.

[0018] Namely, the three dimensional image measurement approach concerning this invention The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used for the 1st. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image In the approach of measuring the three-dimensions location for measurement from the 3-dimensional CAD drawing data for measurement The CAD graphic form configuration for measurement is expressed as a set of the point on **** for measurement, and it is characterized by performing a display and migration of a CAD graphic form by giving the amount of parallel / rotations of three dimensions directly to the CAD drawing data for measurement.

[0019] The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used for the 2nd. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image When a CAD graphic form is displayed in the approach of measuring the three-dimensions location for measurement, The model system of coordinates which define the CAD graphic form configuration for measurement, the design system of coordinates which define the location and posture on CAD for measurement, The machine coordinate system of the video total station proper which makes the machine point of a video total station a zero, The collimation system of coordinates which set one shaft of a three-dimensions rectangular coordinate system as the sense of the video total station when photoing the candidate for measurement at a video total station, It is characterized by projecting the three-dimensions location of each point on a CAD graphic form on a 2-dimensional flat surface, and displaying a CAD graphic form by conversion to the camera system of coordinates which set one shaft of a three-dimensions rectangular coordinate system as the direction of an optical axis of the camera built in the video total station.

[0020] The video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used for the 3rd. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image In the approach of measuring the three-dimensions location for measurement, image differential **** is performed to the image which photoed the candidate for measurement. On the profile shade image of the acquired image for measurement, each point is displayed based on the coordinate value after 2-dimensional projection of each point on a CAD graphic form. The concentration value of the profile shade image for [in the 2-dimensional coordinate value

with which the point was displayed] measurement is acquired. When total of the concentration value in the 2-dimensional coordinate value of all the points that constitute the CAD graphic form displayed on the profile shade image becomes maximum, it is characterized by judging that the CAD graphic form and the image for measurement were in agreement.

[0021] Furthermore, the video total station which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function is used for the 4th. By collating with the graphic form which acquired the image which photoed the body made applicable to measurement, and projected the 3-dimensional CAD drawing data of a measurement object on the 2-dimensional flat surface, and the photoed image. In the approach of measuring the three-dimensions location for measurement, image differential **** is performed to the image which photoed the candidate for measurement. On the profile shade image of the acquired image for measurement, each point is displayed based on the coordinate value after 2-dimensional projection of each point on a CAD graphic form. The concentration value of the profile shade image for [in the 2-dimensional coordinate value with which the point was displayed] measurement is interpolated, calculated and acquired from the concentration value of a neighborhood-of-a-point pixel. When total of the concentration value in the 2-dimensional coordinate value of all the points that constitute the CAD graphic form displayed on the profile shade image becomes maximum, it is characterized by judging that the CAD graphic form and the image for measurement were in agreement.

[0022]

[Embodiment of the Invention] The concrete operation gestalt at the time of making the piping flange of a chemical processing plant applicable to measurement for the approach concerning this invention is explained to a detail with reference to a drawing. The system configuration which enforces this approach consists of the video total station 10 which carried the camera in the total station which has ranging and a measurement-of-angle function, a computer 14 having the image-processing board 12, a monitor 16, a keyboard 18, etc., as shown in drawing 5.

[0023] The gestalt of this operation carries out stereo photography of the piping flange 20 by the video total station 10 through a target, and outputs the candidate for measurement to the image-processing board 12 as shown in drawing 1. Moreover, 2-dimensional--ization-process the CAD drawing data 22 with coordinate transformation as a design data beforehand, process so that it may be in the same condition with having taken a photograph by the video total station 10, and it outputs to the image-processing board 12. He is trying to make a monitor 16 indicate a photography image and the CAD image by coincidence. And in quest of movement magnitude, it is going to measure the amount of bias from the design value of the system for a CAD image according to a parallel displacement and the activity according to maximum detection of image concentration so that both the images in a 2-dimensional flat surface may be in agreement, making it rotate and displaying on a monitor 16 in the three-dimensions space on data.

[0024] A CAD graphic form is displayed and the processing for comparing the photography image of the piping flange 20 is explained based on the flow chart of drawing 2. First, the model system of coordinates (Xmodel, Ymodel, Zmodel) which define the CAD graphic form configuration which ****s in the flange 20 for measurement are acquired from CAD drawing data (step 100).

[0025] Since the arrangement and the posture in the plant of the flange 20 with which it is expressed as this CAD graphic form are specified, design system of coordinates (XCAD, YCAD, ZCAD) are defined (step 110). This is for defining the location and posture on the CAD drawing for measurement, and is the rectangular coordinate system which made the specific location of a plant the zero. For this reason, the prism one more point and for total station 10 is installed on one point and a reference axis on the reference point of the plant used as a zero. Therefore, the reference point of a plant is equivalent to the origin of

coordinates of CAD, and the datum line is equivalent to the X-axis or the Y-axis of CAD. [0026] Subsequently, since the installation location of the video total station 10 as an instrumentation is pinpointed, a video total station is installed in the location which can photo the flange used as the candidate for measurement, and a machine coordinate system (XMET, YMET, ZMET) is defined (step 120). In this machine coordinate system, the three-dimensions coordinate value of the prism in the design system of coordinates (XCAD, YCAD, ZCAD) installed previously is measured. The three-dimensions coordinate value of the prism called for by this measurement is measured in the three-dimensions machine coordinate system (XMET, YMET, ZMET) which sets the X-axis as the horizontal line which projected the straight line to which a zero is connected for the machine point of a total station, and it connects the Z-axis and two prism for the vertical upper part to the horizontal plane.

[0027] The three-dimensions location of the machine point of ** 1 TARUSUTESHON in the design system of coordinates (XCAD, YCAD, ZCAD) of a plant can be found from the three-dimensions coordinate value of two prism measured in the above-mentioned three-dimensions machine coordinate system (XMET, YMET, ZMET), and each point which constitutes the CAD graphic form for measurement can be changed into a machine coordinate system (XMET, YMET, ZMET) from design system of coordinates (XCAD, YCAD, ZCAD). That is, the CAD graphic form in the machine point of the total station 10 can be specified.

[0028] And the angle of vertical and horizontal angle of the total station 10 are changed until the flange 20 which becomes the photography visual field of the camera built in the total station 10 for measurement is reflected. This is for doubling the location and posture of a CAD graphic form with the photography image of a system flange. From the control input of the angle of vertical at this time, and a horizontal angle, it can set to a machine coordinate system (XMET, YMET, ZMET). The inclination of the collimation system of coordinates (Xeye, Yeye, Zeye) which set the X-axis as the direction of an optical axis of the total station 10 can be found. The coordinate transformation of each point on the CAD graphic form changed into the machine coordinate system (XMET, YMET, ZMET) can be carried out to collimation system of coordinates (Xeye, Yeye, Zeye) (step 130).

[0029] In these collimation system of coordinates (Xeye, Yeye, Zeye), the location and sense of a camera are always constant value. Here Are suitable with the location of the camera in the collimation system of coordinates (Xeye, Yeye, Zeye) for which it asked beforehand. Performing perspective-projection conversion using a lens distortion multiplier can define camera system of coordinates (Xcam, Ycam, Zcam) (step 140). Each point on the CAD graphic form changed into these camera system of coordinates (Xcam, Ycam, Zcam) is changed into the point on a 2-dimensional flat surface (step 150).

[0030] Next, the image which photoed the flange 20 with the camera is incorporated to the frame memory of the image **** board 12, and a flange profile image is acquired by differential processing (step 160). The frame memory of the image-processing board 12 is divided into 512 pixels by 512 pixels, and has 256 gradation as level (concentration value) of brightness for every pixel. On the other hand, since the point on a CAD graphic form is projected on two dimensions by the real number operation, it has the 2-dimensional coordinate precision of the real number. therefore, in order to indicate the CAD graphic form by superposition on a profile image, the 2-dimensional coordinate precision of a CAD graphic form is cut for an integer, and if there are no 10 **, it will not become.

[0031] Then, effectiveness equivalent to the time of raising the resolution of an image is expectable by interpolating and calculating the concentration in the 2-dimensional coordinate value in the real number which each point on a CAD graphic form originally has from the concentration value and the concentration value of 8 pixels of near of the integer pixel coordinate value on a frame memory. For this reason, he calculates and searches for the luminance distribution which continued along the array direction of the pixel by which it is indicated by gradation, and is trying to acquire the concentration in the 2-dimensional

coordinate value in the real number which each point on a CAD graphic form originally has as a interpolation value, as shown in drawing 4 (step 170).

[0032] Thus, the total X_n of the interpolation concentration value of each point on the CAD graphic form searched for is calculated (step 180), if total is larger than last time in the total X_{n-1} [last] (step 190), the display position of a CAD graphic form will be updated (step 200), and the amount of parallel displacements and the amount of rotations of three dimensions will be applied to CAD drawing data (step 210). And whenever it updates, it compares with total X_{n-1} before updating the total X_n of a interpolation concentration value (step 190). When an updating value becomes last time smaller than a value, the location where a interpolation concentration value serves as max turns into a location a CAD graphic form and whose object image correspond best, and the amount of parallel translation and the amount of rotations of three dimensions which were applied by then can measure as a gap with CAD drawing data and thing (step 220). Therefore, what is necessary is to change this into three dimensions and just to output as a three-dimensions coordinate value, since the value which was measured to CAD drawing data and which shifted and applied the amount brings a three-dimensions location of a measurement object object, and a measurement result of a posture (step 230).

[0033] In addition, although the above-mentioned operation gestalt showed the example measured using two or more images of the measurement object object photoed in two or more different locations, in addition since having given the movement magnitude of three dimensions to CAD drawing data and CAD drawing data have the information on magnitude and the ambiguity of the depth direction can be eliminated, measurement with the single image photoed from one place is also possible.

[0034]

[Effect of the Invention] As explained above, when the video total station in which the CCD camera was carried is used according to this invention, while photoing a measurement object with a CCD camera Carry out coordinate transformation of the CAD drawing data so that the photography process of a camera may be simulated correctly, and it indicates by coincidence into a camera image. It displays as a 2-dimensional image, performing carrying out impaction efficiency of the CAD drawing data on the three-dimensions space, when an image is not in agreement. By repeating migration of CAD drawing data so that total of the brightness obtained in the 2-dimensional image by differential processing of the photography image pixel on a CAD graphic form line may be detected and the location where this total serves as max may be detected, it is highly precise and the gap with the design value of a measurement object can be detected. Especially in invention concerning claim 1, measurement of the location and posture of measurement ***** is attained even from the image of one sheet for measurement. Moreover, according to the 2nd invention configuration, even if the location and sense of a video total station change, drawing of an exact CAD graphic form is attained. furthermore , in order it ask for the CAD data as a real number value in the coincidence processing on a 2 -dimensional image by the size of the interpolation concentration value of the profile image be indicate by gradation by the image per pixel according to an invention configuration of the 3rd and 4 , even a pixel unit be a limitation , measurement precision can be raise , and the effectiveness whose highly precise collating with a CAD graphic form and the image for measurement be attain be acquire .

[Translation done.]

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the configuration block Fig. of the three dimensional image measurement approach concerning an operation gestalt.

[Drawing 2] It is the flow chart of this three dimensional image measurement approach.

[Drawing 3] The explanatory view of coordinate transformation

[Drawing 4] It is the explanatory view of interpolation processing of brightness.

[Drawing 5] It is the basic block diagram of this system.

[Drawing 6] It is the measurement principle Fig. of a total station.

[Drawing 7] It is the measurement original ** Fig. of a photogrammetry.

[Drawing 8] It is the measurement approach Fig. by the photography image and CAD graphic form collating.

[Drawing 9] It is the principle Fig. of the measurement approach by the photography image and CAD graphic form collating.

[Drawing 10] It is the related Fig. of topographic contour plot form movement magnitude and isometric plot form movement magnitude.

[Description of Notations]

10 Video Total Station

12 Image-Processing Board

14 Computer

16 Monitor

18 Keyboard

20 Piping Flange

22 CAD Drawing Data

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-89960

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 C 15/00

G 0 1 C 15/00

A

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H

G 0 6 F 17/50

G 0 6 F 15/60

6 0 4 H

G 0 6 T 7/00

6 2 4 F

15/62

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平8-265196

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月13日

(71) 出願人 000005452

日立プラント建設株式会社

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72) 発明者 松本 篤幸

東京都千代田区内神田一丁目1番14号 日

立プラント建設株式会社内

(72) 発明者 諏訪 秀行

東京都千代田区内神田一丁目1番14号 日

立プラント建設株式会社内

(72) 発明者 早田 文隆

東京都千代田区内神田一丁目1番14号 日

立プラント建設株式会社内

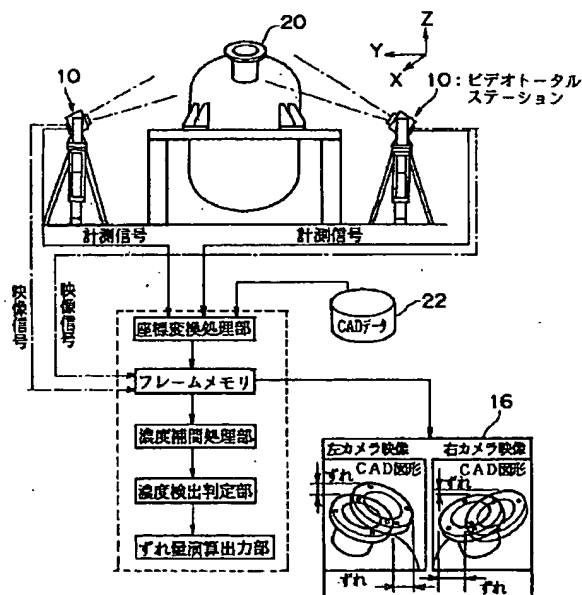
(74) 代理人 弁理士 村上 友一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 三次元画像計測方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 計測装置の位置姿勢が変化しても、正確なCAD図形の描画可能とする。

【解決手段】 計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する。計測対象のCAD図形形状を計測対象の輪郭上の点の集合として表現し、三次元の平行・回転移動量を直接与え、撮影映像との照合を行うに際して、CAD図形は各種座標変換を行い、CAD図面データをカメラの撮影過程が正確に模擬されるようにする。撮影映像に対し画像微分処理を行い、得られた輪郭濃淡画像上に、CAD図形上の実数で示される各点における計測対象の輪郭濃淡画像の濃度値を点の近傍画素の濃度値から補間して求める。輪郭濃淡画像上に表示された点の二次元座標値における濃度値の総和が最大値となった否かで、CAD図形と計測対象映像との一致不一致を判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、

計測対象の三次元CAD図面データから、計測対象のCAD図形形状を計測対象の輪郭上の点の集合として表現し、計測対象のCAD図面データに三次元の平行・回転移動量を直接与えることで、CAD図形の表示と移動を行って撮影映像との照合を行うことを特徴とする三次元画像計測方法。

【請求項2】 測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、

CAD図形を表示する際、計測対象のCAD図形形状を定義するモデル座標系、計測対象のCAD上での位置と姿勢を定義する設計座標系、ビデオトータルステーションの機械点を原点とするビデオトータルステーション固有の機械座標系、ビデオトータルステーションで計測対象を撮影したときのビデオトータルステーションの向きを三次元直交座標系の一軸とする視準座標系、ビデオトータルステーションに内蔵したカメラの光軸方向を三次元直交座標系の一軸とするカメラ座標系への変換により、CAD図形上の各点の三次元位置を二次元平面に投影し、CAD図形を表示して撮影映像との照合を行うことを特徴とする三次元画像計測方法。

【請求項3】 測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、

計測対象を撮影した映像に対し画像微分処理を行い、得られた計測対象映像の輪郭濃淡画像上に、CAD図形上の各点の二次元投影後の座標値に基づき各点を表示し、点が表示された二次元座標値における計測対象の輪郭濃淡画像の濃度値を取得し、輪郭濃淡画像上に表示されたCAD図形を構成するすべての点の二次元座標値における濃度値の総和が最大値となった場合に、CAD図形と計測対象映像とが一致したと判断することを特徴とする三次元画像計測方法。

【請求項4】 測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に

投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、

計測対象を撮影した映像に対し画像微分処理を行い、得られた計測対象映像の輪郭濃淡画像上に、CAD図形上の各点の二次元投影後の座標値に基づき各点を表示し、点が表示された二次元座標値における計測対象の輪郭濃淡画像の濃度値を点の近傍画素の濃度値から補間して求めて取得し、輪郭濃淡画像上に表示されたCAD図形を構成するすべての点の二次元座標値における濃度値の総和が最大値となった場合に、CAD図形と計測対象映像とが一致したと判断することを特徴とする三次元画像計測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラント建設分野において構造物などの三次元位置を計測する三次元計測方法に関する。

【0002】

【従来の技術】プラントの建設時に鉄骨やプラント内に設置する機器などの位置出しや位置確認の際に用いられる三次元計測装置として、計測点にプリズムを必要とする光学式トータルステーションや、プリズムを必要としない光学式ノンプリズムトータルステーションが従来から用いられている。

【0003】トータルステーションは、計測点までの距離と水平角、鉛直角を計測した結果から三次元直交座標系における点の三次元座標値を計算して求めている。これは図6に示すように、既知の三次元座標原点(X_0 , Y_0 , Z_0)に対して、トータルステーション1から測定点2の座標点 $p_i(x_i, y_i, z_i)$ までの距離 R 、鉛直角 V_A 、水平角 H_A を計測し、測定点2の三次元座標位置を、

【0004】

【数1】 $x_i = R \cdot \sin(V_A) \cdot \sin(H_A) - x_0$

$y_i = R \cdot \sin(V_A) \cdot \cos(H_A) - y_0$

$z_i = R \cdot \cos(V_A) - z_0$

として求めるものである。

【0005】プリズムを必要とする光学式トータルステーションは距離の計測精度が1mm以下と高精度であり、一方、光学式ノンプリズムトータルステーションは距離の計測精度が5mm～10mmと低精度である。

【0006】その他に、写真測量による計測も行われている(図7)。写真測量は、計測対象の付近に三次元座標値が既知である基準点3を複数点配置し、計測対象4と基準点3を異なる2ヶ所以上の位置5からカメラで撮影する。写真フィルム6、6に写った基準点3の二次元座標値をデジタイザなどで計測し、基準点3の三次元座標値と二次元座標値の対応から撮影時のカメラの撮影点 O_1 、 O_2 の位置や向き、さらに、レンズ歪みなどのカメラ光学系に関する定数を計算する。その後、写真に写っ

た計測対象点4の二次元座標値をデジタイザなどで計測し、各写真フィルム6ごとに計測した計測対象点の複数の二次元座標値と、前述の各写真を撮影した時のカメラ位置、向き、カメラ光学系に関する定数を基に、計測対象点の三次元座標値を計算で求める。

【0007】さらに、計測対象をCCDカメラなどで撮影した映像と、計測対象のCAD図形との照合により三次元計測を行う方法(図8)がある。これは、実三次元空間に存在する計測対象と計測対象付近に配置した三次元座標値が既知である複数の基準点を2ヶ所以上の異なる位置からCCDカメラなどで撮影し、アナログ信号である撮影映像信号を画像取り込み装置を介してデジタル信号に変換し(通常1画面の映像信号を縦512画素×横512画素のデジタル信号に変換する)、コンピュータに取り込み、デジタル信号に変換した基準点の二次元座標値をデジタルサンプリングし、写真測量と同様の方法で基準点の三次元座標値と二次元座標値の対応から撮影時のカメラの位置や向き、さらに、レンズ歪みなどのカメラ光学系に関する定数を計算し、三次元から二次元への変換を定式化する。実三次元空間と等価なCADの三次元座標空間をコンピュータ内に再現し、計測対象のCAD設計値を基にコンピュータ内に再現したCADの三次元座標空間内に計測対象のCADモデルを配置し、前述で求めたカメラの位置、向きの計算結果を基にコンピュータ内に再現したCADの三次元座標空間内にカメラを配置し、前述で定式化した三次元から二次元への変換を基に、コンピュータ内に再現したCADの三次元空間内の計測対象CADモデルを二次元平面に投影する。

【0008】ここで得たCADモデルの二次元投影図を実空間内の計測対象の撮影映像に重ね合わせて表示した場合、計測対象の実位置や姿勢が設計CAD図面データと等しければ計測対象の撮影映像とCADモデルの二次元投影図は一致し、等しくなければ両者は一致しない(図9)。

【0009】計測対象の撮影映像とCADモデルの二次元投影図とが一致しない場合、CADモデルの二次元投影図に対し、上下方向の移動量、左右方向の移動量、画面内の回転移動量、拡大縮小量の合計4自由度による二次元面内の移動量を与え、計測対象の撮影映像とCADモデルの二次元投影図とを一致させる。しかし、三次元空間内での物体の移動可能な自由度は、三軸上の平行移動と三軸回りの回転移動の合計6自由度となる。したがって、二次元面内の4自由度の移動量からは三次元空間内の6自由度の移動量を決定することはできない。

【0010】そこで、計測対象を異なる2ヶ所以上の位置から撮影した複数の映像におけるCADモデルとの一致から得た、複数の二次元面内の4自由度の移動量から計測対象物体の6自由度の移動量を計算で求めている(図10)。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術において、計測点にプリズムを必要とする光学式トータルステーションで高所の計測点を計測する際には、梯子や足場を設置して計測点にプリズムを設置する手間が必要となる。この手間を省くため、ノンプリズムトータルステーションを用いたとしても、構造物の中心位置や傾きを計測する場合は、複数の点の三次元座標値を計測した結果から計算しなければならない問題がある。

10 【0012】写真測量による計測では、計測点にプリズムを設置する必要はないが、トータルステーションを用いた場合と同様に点の三次元位置を計測する方法であるため、構造物の中心位置や傾きを計測するためには、複数点の三次元座標値の計測が必要となる。また、計測点付近に基準点を配置し、基準点の三次元座標値を何らかの方法で正確に計測しなければならず、撮影位置を変える度に、基準点の三次元座標値と二次元座標値の対応からカメラの位置や姿勢などを決定する作業を必要とする。さらに、計測点を2ヶ所以上の異なる位置から撮影した複数の写真において、計測点がどこに写っているかを判断し対応付け(対応点探索)を正確に行う必要がある。この対応付けを誤ると、まったく異なる位置に存在する点の三次元座標値を計測してしまうことになる。

20 【0013】更に、計測対象物体の撮影映像とCAD図形との照合による計測方法では、構造物の中心位置や傾きをCAD図面データとの比較により直接計測が可能で、対応点探索を必要としないが、写真測量と同様に計測対象物体の付近に基準点を配置し、カメラの位置や向きを変える度に基準点の三次元座標値と二次元座標値との対応からカメラの位置や姿勢などを決定する作業を必要とする。

30 【0014】このようなことから、CCDカメラを搭載したトータルステーションを用い、基準点の三次元座標値と二次元座標値との対応からトータルステーションに搭載されたCCDカメラの撮影位置と向き、レンズ歪みなどのカメラ光学系に関する定数を求めておき、求めたレンズ歪みなどのカメラ光学系に関する定数を一定値と考え、カメラを移動したり、向きを変えた場合は、CADの三次元座標系の原点に相当する実空間内の点と、CADの二次元座標軸に相当する実空間内の基準線上の点にプリズムを設置し、三次元座標値をトータルステーションで計測した結果から、CCDカメラの撮影位置と姿勢を計算で求め、CADモデルの三次元から二次元への投影変換を行う方法も考えられる。

40 【0015】しかし、上記CCDカメラを搭載したトータルステーションを用いた場合でも、従来方法ではカメラの撮影過程が正確に模擬できていないため、課題の解決には至っていない。さらに、計測精度において、計測対象物体の6自由度の移動量は、複数の二次元面内の4自由度の移動量から数値解析手法により近似的に求める

のが一般的であり、精度良く、二次元物体の位置と姿勢を計測することができなかった。また、計測精度が向上しないもう一つの理由として、CCDカメラによる計測対象の撮影映像をデジタル信号に変換し、コンピュータに取り込む場合の分解能（デジタル信号の1画素に相当する実空間寸法）以下の計測精度では計測できないという課題があった。

【0016】本発明は、上記従来の問題点に着目し、第1に、計測対象の1枚の映像からでも計測対象物体の位置と姿勢が計測できるようにすることを目的とする。第2には、ビデオトータルステーションの位置や姿勢が変化しても正確なCAD図形の描画ができるようにすることを目的としている。第3にはCAD図形と計測対象物体の映像との高精度な照合できるようにすることを目的とするものである。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、計測対象のCAD図形を輪郭上の点の集合として扱い、この三次元空間の点集合を二次元平面に投影する過程を、ビデオトータルステーションの光軸方向を三次元座標軸の一軸とする座標系への線形変換と、ビデオトータルステーション内蔵カメラのレンズ歪みなども考慮した非線形変換の組み合わせとしてモデル化し、点の集合であるCAD図形とカメラで撮影した計測対象の実物映像との照合において、実物映像の微分処理映像上にCAD図形を重ね合わせ表示し、CAD図形上の各点が表示された二次元実数座標値上の微分映像の明るさ（濃度値）を付近の整数座標値上の濃度値から補間して求め、CAD図形を構成する各点の濃度値の総和を計算し、CAD図形に三次元の平行移動量と回転移動を加え、二次元平面に再投影するという手順を繰り返し、濃度値の総和が最大値となった時点で、CAD図形と実物映像とが最も一致したと判断し、それまでに加えた三次元の平行移動量と回転移動量がCAD設計値と実物計測対象との位置及び姿勢のずれであるとして計測する方法である。

【0018】すなわち、本発明に係る三次元画像計測方法は、第1に、測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、計測対象の三次元CAD図面データから、計測対象のCAD図形形状を計測対象の輪郭上の点の集合として表現し、計測対象のCAD図面データに三次元の平行・回転移動量を直接与えることで、CAD図形の表示と移動を行うことを特徴としている。

【0019】第2に、測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取

得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、CAD図形を表示する際、計測対象のCAD図形形状を定義するモデル座標系、計測対象のCAD上での位置と姿勢を定義する設計座標系、ビデオトータルステーションの機械点を原点とするビデオトータルステーション固有の機械座標系、ビデオトータルステーションで計測対象を撮影したときのビデオトータルステーションの向きを三次元直交座標系の一軸とする視準座標系、ビデオトータルステーションに内蔵したカメラの光軸方向を三次元直交座標系の一軸とするカメラ座標系への変換により、CAD図形上の各点の三次元位置を二次元平面に投影し、CAD図形を表示することを特徴とするものである。

【0020】第3には、測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、計測対象を撮影した映像に対し画像微分処理を行い、得られた計測対象映像の輪郭濃淡画像上に、CAD図形上の各点の二次元投影後の座標値に基づき各点を表示し、点が表示された二次元座標値における計測対象の輪郭濃淡画像の濃度値を取得し、輪郭濃淡画像上に表示されたCAD図形を構成するすべての点の二次元座標値における濃度値の総和が最大値となった場合に、CAD図形と計測対象映像とが一致したと判断することを特徴とする。

【0021】更に、第4には、測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーションを用い、計測対象とする物体を撮影した映像を取得し、計測対象物体の三次元CAD図面データを二次元平面に投影した図形と撮影した映像との照合により、計測対象の三次元位置を計測する方法において、計測対象を撮影した映像に対し画像微分処理を行い、得られた計測対象映像の輪郭濃淡画像上に、CAD図形上の各点の二次元投影後の座標値に基づき各点を表示し、点が表示された二次元座標値における計測対象の輪郭濃淡画像の濃度値を点の近傍画素の濃度値から補間して求めて取得し、輪郭濃淡画像上に表示されたCAD図形を構成するすべての点の二次元座標値における濃度値の総和が最大値となった場合に、CAD図形と計測対象映像とが一致したと判断することを特徴とするものである。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明に係る方法を化学プラントの配管フランジを計測対象とした場合の具体的な実施形態を図面を参照して詳細に説明する。この方法を実施するシステム構成は、図5に示すように、測距・測角機能を有するトータルステーションにカメラを搭載したビデオトータルステーション10、画像処理ボード12を内

蔵したコンピュータ14、モニタ16、キーボード18などから構成されている。

【0023】この実施の形態は、図1に示しているように、計測対象を配管フランジ20をターゲットを介することなくビデオトータルステーション10によりステレオ撮影して画像処理ボード12に出力し、また予め設計データとしてCAD図面データ22を座標変換と二次元化処理してビデオトータルステーション10により撮影したと同様な状態となるように処理して画像処理ボード12に出力し、撮影画像とCAD画像とをモニタ16に同時表示させるようにしている。そして、CAD画像をデータ上の三次元空間内で平行移動および回転移動させてモニタ16に表示しつつ、二次元平面での両画像が一致するように画像濃度の最大値検出による作業によって移動量を求めて実機の設計値からの偏位量を計測しようとするものである。

【0024】CAD図形を表示させ、配管フランジ20の撮影映像との比較をなすための処理を図2のフローチャートに基づいて説明する。まず、計測対象のフランジ20に相応するCAD図形形状を定義しているモデル座標系(Xmodel, Ymodel, Zmodel)をCAD図面データから取得する(ステップ100)。

【0025】このCAD図形として表されているフランジ20のプラントにおける配置と姿勢を特定するために、設計座標系(XCAD, YCAD, ZCAD)が定義される(ステップ110)。これは計測対象のCAD図面上での位置と姿勢を定義するためのものであり、プラントの特定の位置を原点とした直交座標系である。このため、原点となるプラントの基準点上に一点、基準軸上にもう一点とトータルステーション10用のプリズムを設置する。したがって、プラントの基準点がCADの座標原点に、基準線がCADのX軸またはY軸に相当する。

【0026】次いで、計測器としてのビデオトータルステーション10の設置位置を特定するために、計測対象となるフランジを撮影できる位置にビデオトータルステーションを設置し、機械座標系(XMET, YMET, ZMET)が定義される(ステップ120)。この機械座標系において、先に設置した設計座標系(XCAD, YCAD, ZCAD)におけるプリズムの三次元座標値を計測する。この計測により求められたプリズムの三次元座標値は、トータルステーションの機械点を原点、鉛直上方をZ軸、2個のプリズムを結ぶ直線を水平面へ投影した水平線をX軸とする三次元機械座標系(XMET, YMET, ZMET)において計測される。

【0027】上記三次元機械座標系(XMET, YMET, ZMET)において計測された2個のプリズムの三次元座標値からプラントの設計座標系(XCAD, YCAD, ZCAD)におけるトータルステーションの機械点の三次元位置が求まり、計測対象のCAD図形を構成する各点を設計座標系(XCAD, YCAD, ZCAD)から機械座標系(XMET, YMET, ZMET)へと変換できる。すなわち、トータルステーション10の機械点におけるCAD図形を特定することができるのである。

【0028】そして、トータルステーション10に内蔵したカメラの撮影視野に計測対象となるフランジ20が写るまでトータルステーション10の鉛直角と水平角を変化させる。これは実機フランジの撮影画像にCAD図形の位置と姿勢を合わせるためであり、この時の鉛直角と水平角の操作量から、機械座標系(XMET, YMET, ZMET)における、トータルステーション10の光軸方向をX軸とする視準座標系(Xeye, Yeye, Zeye)の傾きが求まり、機械座標系(XMET, YMET, ZMET)に変換したCAD図形上の各点を視準座標系(Xeye, Yeye, Zeye)へと座標変換できる(ステップ130)。

【0029】この視準座標系(Xeye, Yeye, Zeye)において、カメラの位置や向きは常に一定値であり、ここで、予め求めておいた視準座標系(Xeye, Yeye, Zeye)におけるカメラの位置と向き、レンズ歪み係数を用いて透視投影変換を行うことでカメラ座標系(Xcam, Ycam, Zcam)が定義でき(ステップ140)、このカメラ座標系(Xcam, Ycam, Zcam)に変換したCAD図形上の各点を二次元平面上の点に変換する(ステップ150)。

【0030】次に、カメラでフランジ20を撮影した映像を画像処理ボード12のフレームメモリに取り込み、微分処理によりフランジ輪郭映像を得る(ステップ160)。画像処理ボード12のフレームメモリは横512画素×縦512画素に分割されて、1画素毎に明るさのレベル(濃度値)として256階調を有する。一方、CAD図形上の点は実数演算により二次元に投影されるため、実数の二次元座標精度を有する。したがって、CAD図形を輪郭映像上に重ね合わせ表示するためにはCAD図形の二次元座標精度を整数に切り捨てなければならない。

【0031】そこで、CAD図形上の各点が本来有する実数での二次元座標値における濃度を、フレームメモリ上の整数画素座標値の濃度値とその近傍8画素の濃度値から補間して求めることで、映像の解像度を向上させたときと同等の効果が期待できる。このため、図4に示すように、階調表示されている画素の配列方向に沿って連続した輝度分布を演算して求め、CAD図形上の各点が本来有する実数での二次元座標値における濃度を補間値として取得するようにしている(ステップ170)。

【0032】このようにして求めたCAD図形上の各点の補間濃度値の総和Xnを計算し(ステップ180)、この計算した補間濃度値の総和Xnを前回の総和Xn-1と比較し(ステップ190)、前回より総和が大きければCAD図形の表示位置を更新(ステップ200)し、CAD図面データに三次元の平行移動量と回転移動量を加える(ステップ210)。そして、更新するごとに補間

濃度値の総和 X_n を更新前の総和 X_{n-1} と比較し(ステップ190)、更新値が前回値より小さくなった場合に、補間濃度値が最大となる位置がCAD図形と実物映像とが最も良く一致する位置となり、それまでに加えた三次元の平行移動量と回転移動量がCAD図面データと実物とのずれとして計測できる(ステップ220)。したがって、CAD図面データに計測したずれ量を加えた値が計測対象物体の三次元位置と姿勢の計測結果となるので、これを三次元に変換して三次元座標値として出力すればよい(ステップ230)。

【0033】なお、上記実施形態では、異なる2ヶ所以上の場所で撮影した計測対象物体の複数映像を用いて計測した例を示したが、その他、CAD図面データに三次元の移動量を与えていること、CAD図面データが大きさの情報を有しているため奥行き方向のあいまいさが排除できることから、1ヶ所から撮影した単映像による計測も可能である。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、CCDカメラを搭載したビデオトータルステーションを用いた場合に、計測対象物をCCDカメラで撮影するとともに、CAD図面データをカメラの撮影過程が正確に模擬されるように座標変換してカメラ映像中に同時表示し、映像が一致しない場合にCAD図面データをその三次元空間上で位置移動させることを行いながら二次元映像として表示し、二次元映像中にてCAD図形線上の撮影映像画素の微分処理によって得られた輝度の総和を検出し、この総和が最大となる位置を検出するようCAD図面データの移動を繰返すことによって、計測対象物の設計値とのずれを、高精度で検出することができる。特に、請求項1に係る発明では、計測対象の1枚の映像からでも計測対象物体の位置と姿勢が計測可能となる。また、第2の発明構成によれば、ビデオトータルステーション*

の位置や向きが変化しても正確なCAD図形の描画が可能となる。更に、第3、4の発明構成によれば、二次元映像上の一致処理において、実数値としてのCADデータは、画素単位に階調表示されている輪郭映像の補間濃度値の大小によって求めるため、画素単位までが限界であって計測精度を向上させることができ、CAD図形と計測対象の映像との高精度な照合が可能となる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】実施形態に係る三次元画像計測方法の構成ブロック図である。

【図2】同三次元画像計測方法のフローチャートである。

【図3】座標変換の説明図

【図4】輝度の補間処理の説明図である。

【図5】同システムの基本構成図である。

【図6】トータルステーションの計測原理図である。

【図7】写真測量の計測原理図である。

【図8】撮影映像とCAD図形照合による計測方法図である。

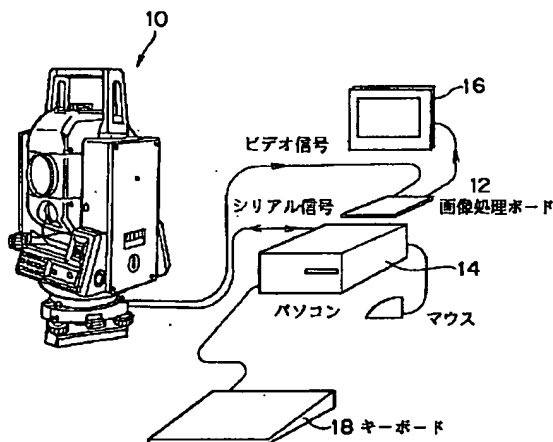
【図9】撮影映像とCAD図形照合による計測方法の原理図である。

【図10】二次元図形移動量と三次元図形移動量との関係図である。

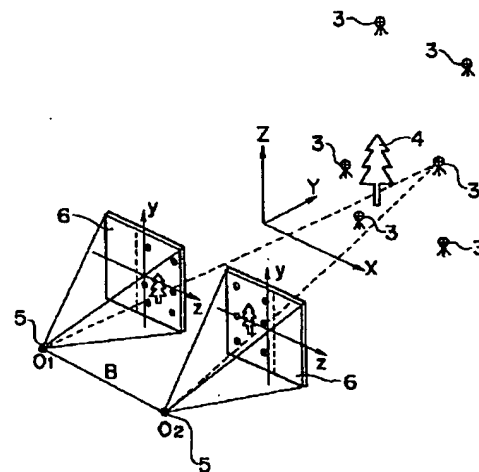
【符号の説明】

10	ビデオトータルステーション
12	画像処理ボード
14	コンピュータ
16	モニタ
18	キーボード
20	配管フランジ
22	CAD図面データ

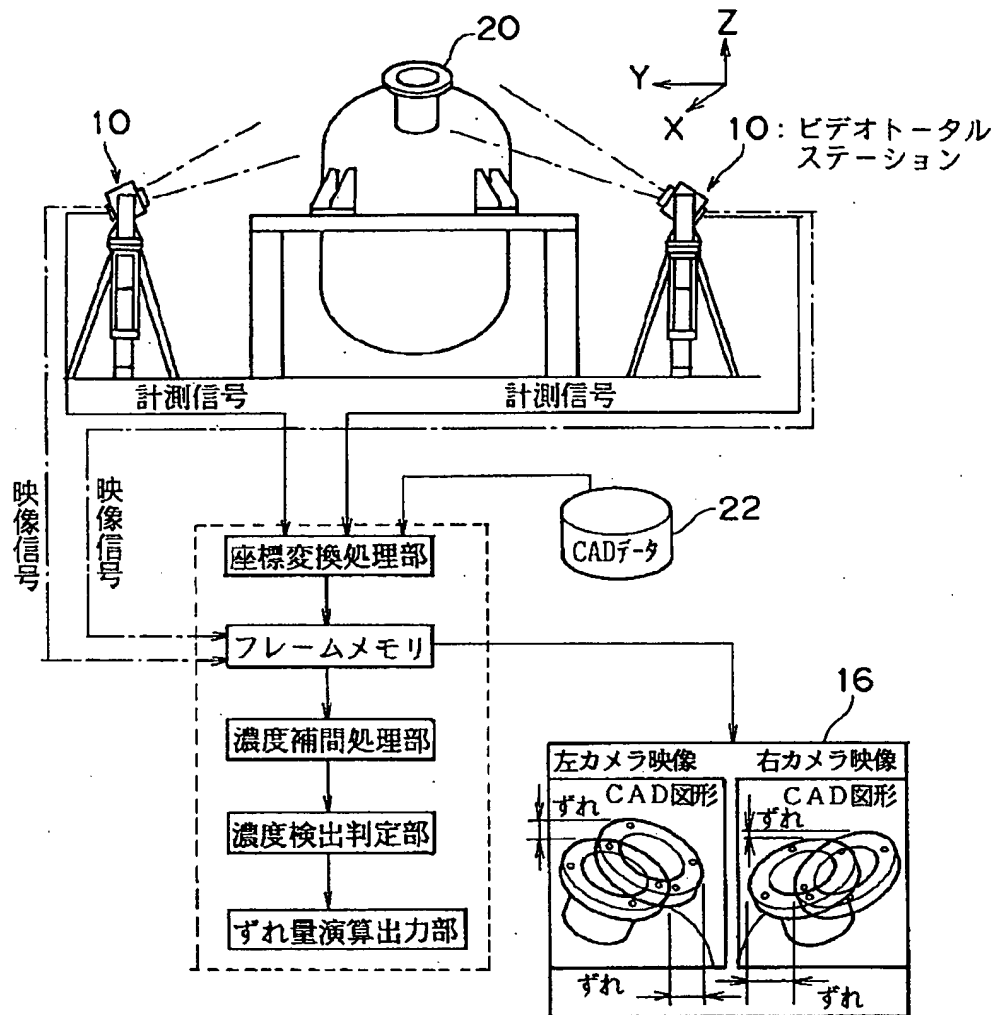
【図5】



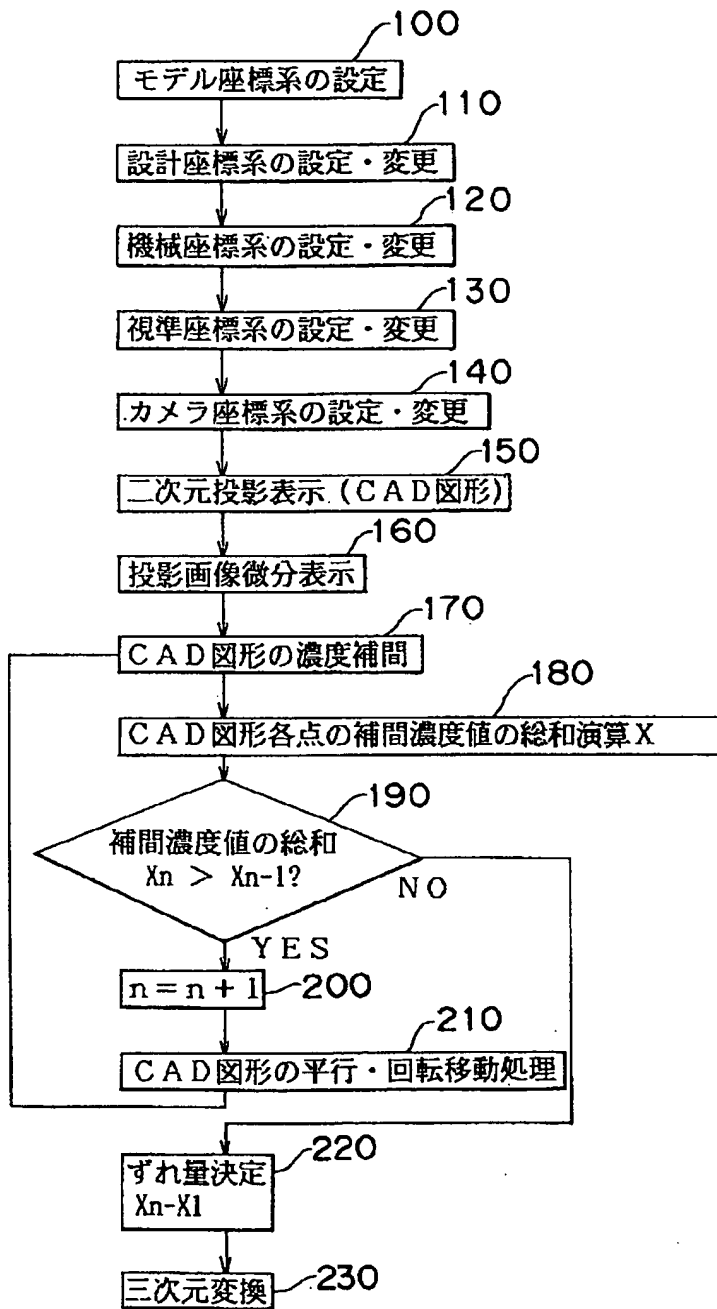
【図7】



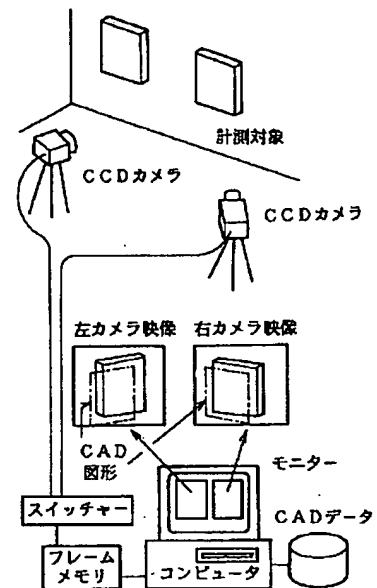
【図1】



【図2】

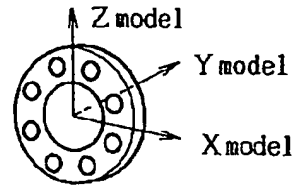


【図8】

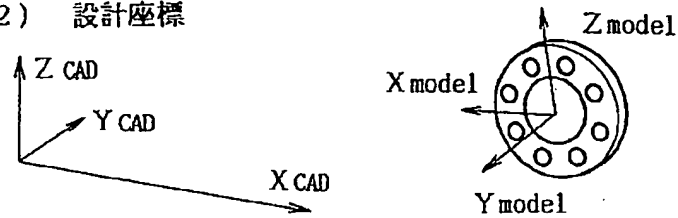


【図3】

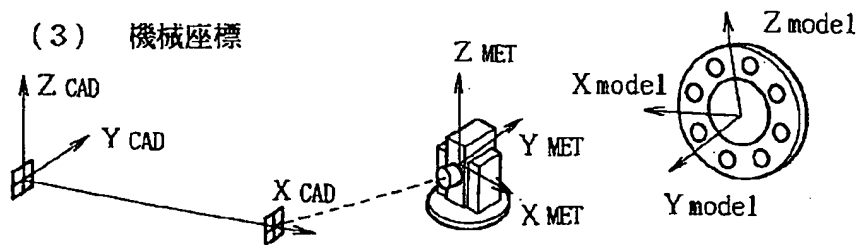
(1) モデル座標



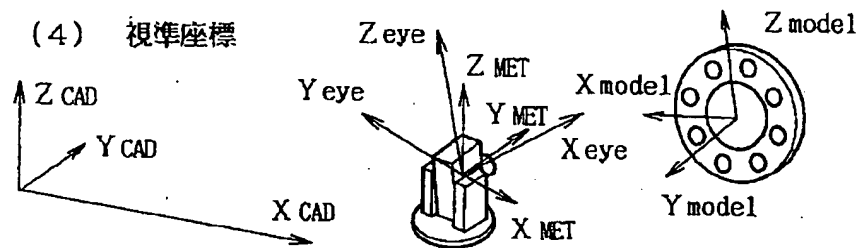
(2) 設計座標



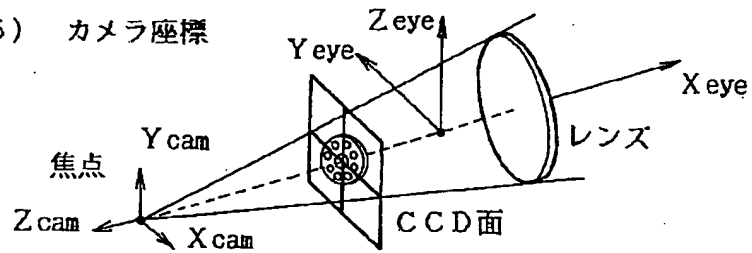
(3) 機械座標



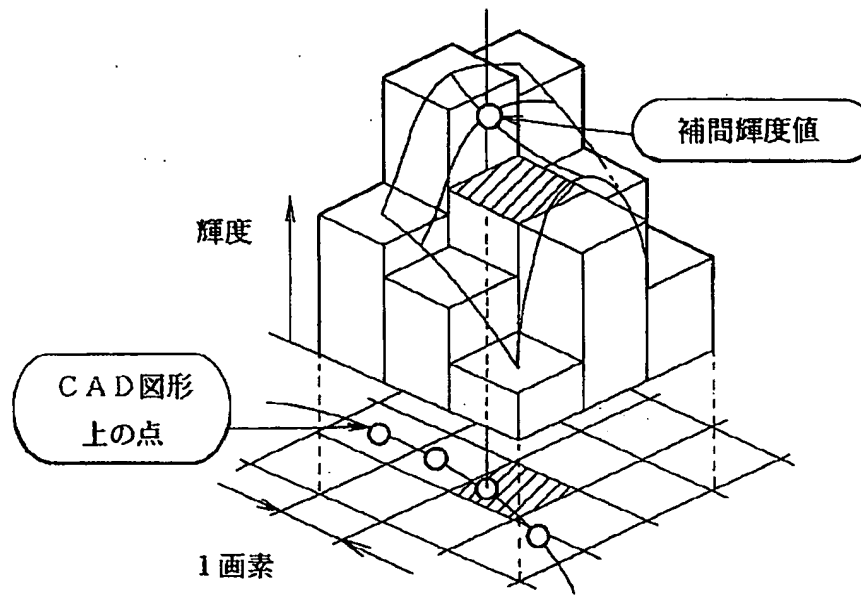
(4) 視準座標



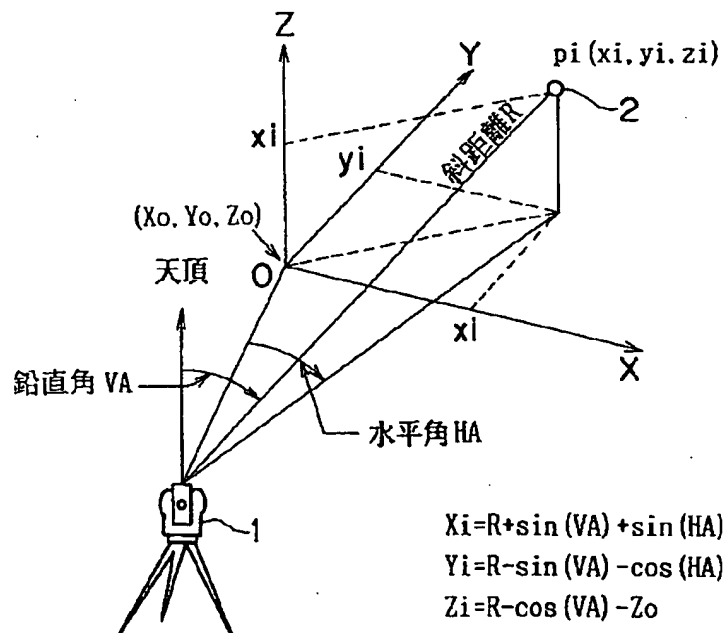
(5) カメラ座標



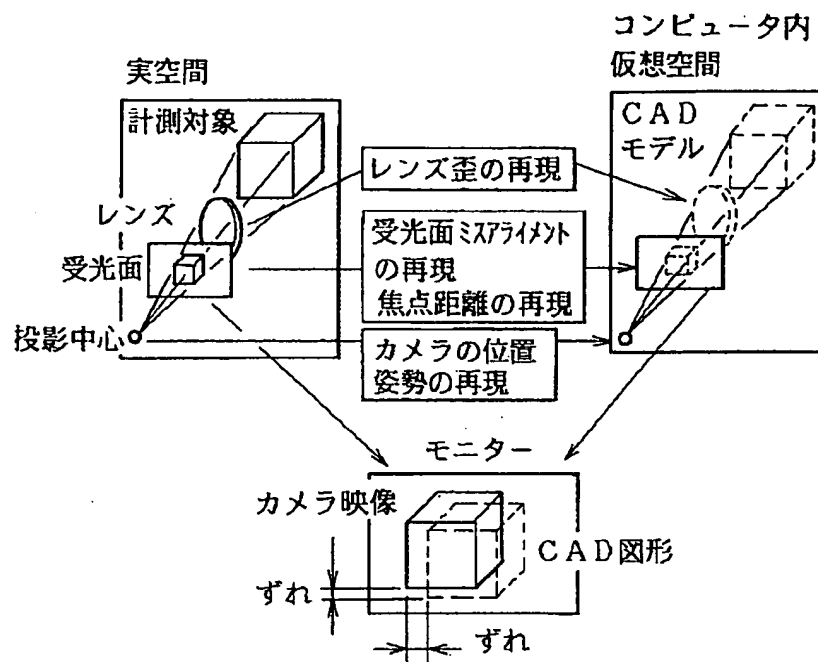
【図4】



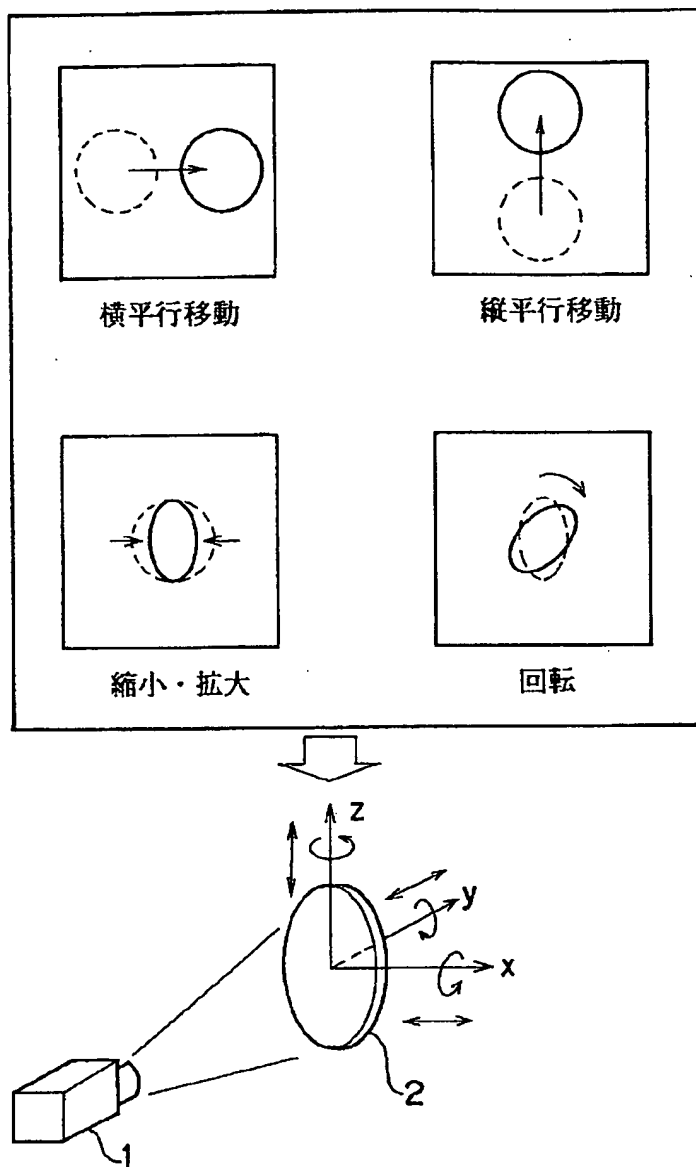
【図6】



【図9】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.